

# Exploring Exoplanets

by Deborah Kops · Language: FR

Summary by booksummaryai.com — <https://booksummaryai.com/country/fr/exploring-exoplanets-resume>

## Summary

En 60 secondes

En 1995, deux astronomes suisses ont repéré une étoile qui vacillait et découvert la première planète autour d'une étoile semblable au Soleil. Depuis, les astronomes en ont trouvé des milliers d'autres en observant les étoiles scintiller, pâlir et dériver. Certains mondes sont gonflés comme des ballons, certains pleuvent du verre fondu, certains tournent autour de deux soleils et certains dérivent seuls entre les étoiles. La cible convoitée : une planète de la taille de la Terre dans la zone habitable, avec une atmosphère que nous pouvons analyser à des années-lumière de distance.

Pourquoi le lire

Voici l'histoire de la façon dont la plus grande question de l'astronomie — « sommes-nous seuls ? » — s'est transformée en données concrètes en une seule génération. Les enfants comme les adultes curieux y trouveront de vraies méthodes de détection, de vraies missions et de vraies planètes avec des noms et des chiffres, et non une vague rêverie. Si vous avez toujours voulu comprendre comment on trouve une planète que l'on ne peut pas voir, ce livre vous tend la boîte à outils.

Les idées clés

Une oscillation entendue dans le monde entier

À l'Observatoire de Haute-Provence, en France, les astronomes suisses Michel Mayor et Didier Queloz ont pointé leurs instruments vers 51 Pegasi, une étoile située à environ 50 années-lumière. Le spectre de l'étoile présentait des décalages Doppler, signe d'une oscillation provoquée par une planète en orbite. Le coupable : une géante gazeuse qui boucle sa révolution en 4,2 jours seulement, à 0,05 unité astronomique, sa gravité tirant l'étoile à environ 50 mètres par seconde. La planète, 51 Pegasi b, est devenue la première découverte autour d'une étoile semblable au Soleil, et les deux astronomes ont ensuite reçu le prix Nobel de physique 2019 pour cette trouvaille.

La découverte fut surprenante car 51 Pegasi b est un « Jupiter chaud », une géante gazeuse orbitant extrêmement près de son étoile, avec une année ne durant qu'environ 4 jours et une température de surface estimée à plus de 1 000 degrés Celsius.

À essayer: Cherchez 51 Pegasi ce soir dans une application d'observation des étoiles et repérez la constellation de Pégase, où cette découverte couronnée par un Nobel a été faite.

### Étoile morte, planètes vivantes

Deux ans avant la célèbre découverte suisse, les radioastronomes Aleksander Wolszczan et Dale Frail travaillaient avec le télescope d'Arecibo, à Porto Rico, à chronométrer les impulsions d'une étoile morte : le pulsar PSR B1257+12, situé à environ 2 300 années-lumière. Ils détectèrent de minuscules variations régulières dans les impulsions radio du pulsar. La cause : l'attraction gravitationnelle de planètes, trois en tout, de masses respectives 0,02, 4,3 et 3,9 fois celle de la Terre. La plus proche, Draugr, a une masse d'environ deux fois celle de la Lune et boucle son orbite autour du cadavre stellaire en 25,3 jours. Ce furent les premières exoplanètes confirmées jamais découvertes.

Les premières planètes trouvées au-delà de notre système solaire ne l'ont pas été autour d'un Soleil chaleureux, mais autour d'un résidu calciné et tournoyant qui bombarde ses orbites de radiations.

À essayer: Cronométrez un métronome ou une horloge qui ticke pendant une minute et imaginez repérer un retard d'une fraction de seconde : c'est ce type de précision qui a trahi ces planètes.

### Guetter l'ombre d'une planète

Le télescope spatial Kepler de la NASA, lancé en mars 2009, a fixé sans relâche une portion du ciel, dans les constellations du Cygne et de la Lyre, en surveillant plus de 150 000 étoiles. La méthode des transits détecte une exoplanète lorsqu'elle passe devant son étoile, provoquant une infime chute de luminosité.

La méthode des transits consiste à repérer les planètes en guettant la minuscule chute de luminosité d'une étoile quand une planète passe devant elle.

À essayer: Placez une lampe de poche derrière une pièce de monnaie et faites glisser la pièce dans le faisceau ; observez comment un tout petit objet provoque une chute de lumière mesurable.

### Lire l'oscillation d'une étoile

Geoffrey Marcy et Paul Butler ont confirmé la découverte de 51 Pegasi. La méthode des vitesses radiales détecte les exoplanètes en mesurant l'oscillation d'une étoile via les décalages Doppler de son spectre — la lumière glisse vers le bleu quand l'étoile se rapproche de la Terre et vers le rouge quand elle s'en éloigne. L'étoile 51 Pegasi présentait une oscillation d'environ 50 mètres par seconde, à peu près la vitesse d'un coureur rapide. Le livre cite le spectrographe High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher (HARPS), installé sur un télescope au Chili, comme un instrument très performant pour trouver des exoplanètes par la méthode des vitesses radiales.

La méthode des vitesses radiales détecte les exoplanètes en mesurant les décalages Doppler dans le spectre d'une étoile, provoqués par son oscillation.

À essayer: Cherchez des images ou des vidéos de l'Observatoire de La Silla, au Chili, où loge le spectrographe HARPS, et découvrez le sommet montagneux où la lumière des étoiles est mesurée au mètre par seconde près.

La première planète avec bulletin météo

La méthode des transits fut proposée pour la première fois par Otto Struve en 1952, mais il a fallu des décennies pour que la technologie la rattrape. La première observation de transit réussie fut celle de HD 209458b en 1999. En 2001, des astronomes utilisant le télescope spatial Hubble ont observé la lumière stellaire filtrant à travers l'atmosphère de la planète, révélant la présence de sodium. Le livre décrit la « planète gonflée » HAT-P-1b, dont la densité est inférieure à celle du liège, signe qu'il s'agit d'une planète gonflée par la chaleur de son étoile.

Un transit peut révéler l'atmosphère d'une planète quand la lumière stellaire la traverse, et les planètes proches de leurs étoiles peuvent être gonflées jusqu'à des densités très faibles.

À essayer: Faites des bulles de savon et remarquez comme la chaleur de votre souffle ou du soleil les ramollit et les gonfle : un indice à petite échelle de ce que le chauffage stellaire a fait à HAT-P-1b.

Kepler-186f : la taille de la Terre, le soleil d'un autre

Kepler-22b fut la première planète Kepler découverte dans la zone habitable d'une étoile semblable au Soleil, annoncée en décembre 2011. Elle fait environ 2,4 fois la taille de la Terre et boucle son orbite en 290 jours, mais sa composition (rocheuse ou gazeuse) était inconnue à l'époque. Kepler-186f est la première planète de la taille de la Terre découverte dans une zone habitable, annoncée en 2014, en orbite autour d'une naine rouge située à environ 500 années-lumière.

Kepler-22b et Kepler-186f ont marqué des étapes majeures : la première planète Kepler dans une zone habitable, et la première planète de la taille de la Terre dans une zone habitable.

À essayer: Dessinez deux cercles sur une feuille de papier, l'un 2,4 fois plus large que l'autre, et comparez ce que « taille de la Terre » signifie vraiment à côté de Kepler-22b.

Sept mondes autour d'une étoile discrète

Le livre décrit TRAPPIST-1, une naine rouge ultra-froide située à environ 39 années-lumière, avec sept planètes de la taille de la Terre. Il a été découvert grâce au télescope TRAPPIST au Chili et confirmé par le télescope spatial Spitzer de la NASA. Trois des sept planètes de TRAPPIST-1 orbitent dans la zone habitable de l'étoile. Le livre note que les naines rouges émettent des éruptions capables de dépouiller une planète de son atmosphère, et souligne que se trouver dans la zone habitable ne garantit pas qu'une planète soit habitable.

TRAPPIST-1 est un système compact de sept planètes de la taille de la Terre autour d'une naine rouge ultra-froide, dont trois dans la zone habitable, mais les éruptions compliquent l'habitabilité.

À essayer: Comparez la disposition de notre système solaire à un croquis des sept planètes de TRAPPIST-1 et observez à quel point elles tiendraient à l'étroit dans l'orbite de Mercure.

La plus proche, avec un astérisque

Le livre décrit Proxima Centauri b, l'exoplanète connue la plus proche, en orbite autour de l'étoile la plus proche de notre Soleil, à environ 4,2 années-lumière, découverte en 2016. C'est l'exoplanète connue la plus proche, et elle se trouve dans la zone habitable de son étoile. Le livre note que les naines rouges émettent des éruptions capables de dépouiller une planète de son atmosphère, et souligne que se trouver dans la zone habitable ne garantit pas qu'une planète soit habitable.

Proxima Centauri b est l'exoplanète connue la plus proche et elle se trouve dans la zone habitable de son étoile, mais les éruptions des naines rouges signifient que son habitabilité n'est pas garantie.

À essayer: Repérez l'emplacement de Proxima Centauri dans la constellation australe du Centaure sur une carte du ciel et mesurez que notre plus proche voisine planétaire est invisible à l'œil nu.

Photographier d'autres mondes

L'imagerie directe de l'exoplanète Fomalhaut b en 2008, annoncée par Paul Kalas et son équipe grâce au télescope spatial Hubble, fut la première image d'une exoplanète en lumière visible. La planète orbite autour de l'étoile Fomalhaut, à 25 années-lumière, et fut aperçue comme un point faible se déplaçant le long d'une orbite prédite. L'imagerie directe en 2008 des planètes autour de l'étoile HR 8799 par Christian Marois et son équipe, à l'aide des télescopes Keck et Gemini à Hawaï, a photographié trois planètes, chacune plusieurs fois la masse de Jupiter, orbitant à des distances de 24, 38 et 68 unités astronomiques. Le livre évoque le système de Bêta Pictoris, où une planète massive, Bêta Pictoris b, a été directement photographiée en orbite au sein d'un vaste disque de débris poussiéreux, offrant un instantané d'un jeune système planétaire.

L'imagerie directe capture de véritables images d'exoplanètes, rendue possible sur de larges orbites où l'éblouissement de l'étoile est moins écrasant.

À essayer: Essayez de repérer un objet discret à côté du faisceau d'une lampe de poche dans une pièce sombre pour ressentir de première main comment l'éblouissement masque les planètes.

Des planètes à deux soleils

Le livre décrit Kepler-16b, une planète de la masse de Saturne orbitant autour de deux étoiles, comme la Tatooine fictive de Star Wars, découverte par la mission Kepler et annoncée en 2011.

Les deux étoiles de Kepler-16 sont plus petites et plus froides que le Soleil, avec des masses d'environ 0,69 et 0,20 masse solaire. Elles s'éclipsent mutuellement tous les 41 jours.

Kepler-16b est une véritable planète circumbinaire, orbitant autour de deux étoiles à la fois, prouvant que les couchers de soleil doubles ne relèvent pas seulement de la science-fiction.

À essayer: Regardez la scène originale du double coucher de soleil sur Tatooine dans Star Wars, puis cherchez une représentation artistique de Kepler-16b pour comparer la fiction et la réalité.

### Comment fabriquer une planète

Le disque protoplanétaire autour de la jeune étoile HL Tauri a été photographié avec une précision stupéfiante par le réseau Atacama Large Millimeter Array (ALMA) au Chili en 2014. Il montrait des anneaux concentriques et des lacunes interprétés comme des planètes en train de se former. Le livre explique le modèle d'accrétion par noyau : des grains de poussière entrent en collision et s'agglutinent, formant des cailloux, puis des rochers, puis des planétésimaux ; une fois qu'un noyau atteint environ 10 fois la masse de la Terre, il peut rapidement aspirer d'énormes quantités de gaz pour devenir une géante gazeuse. Le livre mentionne la « ligne de gel » ou « ligne de neige », la distance à partir de laquelle il fait assez froid pour que des composés volatils comme l'eau, l'ammoniac et le méthane se condensent en grains de glace solide.

La formation des planètes suit le modèle d'accrétion par noyau, et la ligne de gel marque l'endroit où les glaces peuvent se condenser, déterminant où les planètes géantes peuvent se former.

À essayer: Secouez un bocal rempli de farine et de cailloux et observez les morceaux les plus lourds se déposer et s'agglomérer, une version à l'échelle de la cuisine des grains de poussière qui s'agglutinent en planétésimaux.

### Une planète où il pleut du verre

Le livre décrit HD 189733b, une exoplanète bleue où il pleut du verre, située à environ 63 années-lumière. Le livre décrit les Jupiter chaudes comme 51 Pegasi b, des géantes gazeuses orbitant plus près de leurs étoiles que Mercure n'orbite autour du Soleil, avec des températures de surface atteignant 1 800 °F (1 000 °C). Le livre explique les « super-Terres », des planètes plus grandes que la Terre mais plus petites que Neptune, un type absent de notre système solaire, avec des masses comprises entre 1 et 10 fois celle de la Terre. Le livre décrit les planètes errantes qui dérivent dans l'espace sans orbiter autour d'aucune étoile, peut-être éjectées de leur système d'origine.

Le recensement des exoplanètes comprend de nombreux types de planètes absents de notre système solaire : Jupiter chaudes, super-Terres, planètes où il pleut du verre et planètes errantes.

À essayer: Listez tous les types de planètes que vous avez appris à l'école, puis vérifiez combien d'entre eux, Jupiter chaudes, super-Terres, planètes errantes, manquent à cette liste.

## Renifler l'air extraterrestre

La lumière d'une planète autour d'une étoile peut être analysée dans un spectre pour révéler les produits chimiques présents dans son atmosphère, comme la vapeur d'eau, l'oxygène ou le méthane. Le livre explique les biosignatures, des gaz comme l'oxygène et le méthane qui, ensemble, pourraient indiquer la présence de vie sur une exoplanète. Le télescope spatial James Webb, avec son miroir segmenté recouvert d'or, étudierait les atmosphères d'exoplanètes en lumière infrarouge, à la recherche de gaz comme la vapeur d'eau, le méthane et le dioxyde de carbone.

La spectroscopie transforme la lumière des étoiles en un recensement des gaz atmosphériques, et certaines combinaisons de gaz, comme l'oxygène et le méthane, pourraient servir de biosignatures.

À essayer: Faites passer la lumière du soleil ou celle d'une lampe de poche à travers un prisme en verre ou un CD et observez les bandes du spectre, le même tour de fractionnement utilisé pour lire les atmosphères extraterrestres.

## Mondes de lave et ciels de diamant

Le livre décrit les « mondes de lave » comme CoRoT-7b, une super-Terre rocheuse si proche de son étoile que sa surface est probablement de la roche fondue, avec des températures atteignant 2 000 degrés Celsius sur la face tournée vers l'étoile. Le livre mentionne l'hypothèse de la « planète de diamant » pour 55 Cancri e, une super-Terre riche en carbone où, sous une pression immense, le carbone pourrait former une épaisse couche de diamant sous la surface. Le livre mentionne HD 80606 b, une planète à l'orbite extrêmement excentrique qui provoque de sauvages variations de température, d'environ 980 °F (527 °C) à 2 240 °F (1 227 °C) en quelques heures à peine.

Des orbites et des compositions extrêmes produisent des planètes aux conditions bien au-delà de tout ce qui existe dans notre système solaire, des surfaces fondues aux possibles couches de diamant.

À essayer: Placez une main près d'une lampe et l'autre loin d'elle, puis déplacez votre main en ovale pour ressentir comment une orbite décentrée signifie de sauvages variations de température.

## À l'écoute de la compagnie

Le livre décrit la recherche d'intelligence extraterrestre menée par le SETI Institute à l'aide de radiotélescopes pour écouter les signaux d'autres civilisations. Le livre explique l'équation de Drake, conçue par l'astronome Frank Drake en 1961 pour estimer le nombre de civilisations communicantes dans notre galaxie. Le livre décrit le Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), lancé en 2018 pour balayer presque tout le ciel à la recherche d'exoplanètes, en recensant plus de 200 000 des étoiles les plus brillantes proches du Soleil.

La recherche de planètes et la recherche d'intelligence se déroulent en parallèle, les recensements d'exoplanètes alimentant des estimations comme l'équation de Drake.

À essayer: Esquissez sur papier les facteurs de l'équation de Drake et inscrivez vos propres suppositions sur le nombre d'étoiles abritant des planètes, désormais une question appuyée par de vraies données.

#### Les calculs de Boucle d'Or

La zone habitable est la région autour d'une étoile où la température est juste ce qu'il faut — ni trop chaude, ni trop froide — pour que de l'eau liquide puisse exister à la surface d'une planète.

La zone habitable est un filtre essentiel pour identifier les planètes susceptibles d'abriter de l'eau liquide en surface.

À essayer: Tracez trois cercles autour d'une bougie à des distances croissantes et repérez l'endroit où il fait chaud sans être brûlant : votre propre zone habitable.

#### La nouvelle génération de chasseurs de planètes

L'ouvrage cite l'astrophysicienne Sara Seager : « Pour la première fois de l'histoire de l'humanité, nous avons réellement la possibilité de découvrir une planète semblable à la Terre présentant des signes de vie. » Le livre décrit la mission PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) de l'Agence spatiale européenne, dont le lancement est prévu au milieu des années 2020, conçue pour trouver et caractériser des planètes de la taille de la Terre dans la zone habitable d'étoiles semblables au Soleil. Le livre mentionne la « sismologie stellaire » utilisée par des missions comme Kepler pour étudier la structure interne des étoiles en observant leurs oscillations, ce qui aide à déterminer les propriétés précises des étoiles et de leurs planètes.

Une nouvelle génération de missions, comme PLATO, est conçue spécifiquement pour trouver et caractériser des planètes de la taille de la Terre dans les zones habitables.

À essayer: Suivez en ligne le compte à rebours du lancement de la mission PLATO de l'ESA et soyez témoin du lancement d'une mission conçue spécifiquement pour trouver les jumelles de la Terre.

#### Ce que nous ne savons toujours pas

Le chapitre note qu'au moment de la rédaction du livre, aucune exoplanète n'avait été confirmée comme abritant la vie, mais que la découverte de nombreuses planètes de la taille de la Terre dans des zones habitables rendait la recherche plus prometteuse. Le chapitre évoque la mission proposée Terrestrial Planet Finder (TPF), qui aurait permis d'imager directement des planètes semblables à la Terre autour d'étoiles proches au moyen d'un coronographe ou d'un interféromètre, mais qui a ensuite été annulée par la NASA. L'auteur aborde le concept d'« écrans stellaires » (starshades) — de grands boucliers en forme de fleur qui pourraient être placés dans l'espace pour bloquer la lumière des étoiles, permettant l'imagerie directe des

exoplanètes —, proposés pour des missions futures mais pas encore déployés au moment de la rédaction du livre.

Aucune biosignature confirmée n'existe encore, et certaines missions ambitieuses comme Terrestrial Planet Finder ont été annulées, ce qui montre l'écart entre l'ambition et le matériel réellement envoyé dans l'espace.

À essayer: Renseignez-vous sur l'état actuel du concept Terrestrial Planet Finder annulé par la NASA et retracez lesquels de ses objectifs perdurent dans des missions plus récentes.

Les meilleures citations

- "Pour la première fois de l'histoire de l'humanité, nous avons réellement la possibilité de découvrir une planète semblable à la Terre présentant des signes de vie." - Sara Seager
- "Sommes-nous seuls dans l'univers ?" - la question fondatrice du livre
- "Jupiter chaude" - le label du livre pour 51 Pegasi b
- "planète de diamant" - l'hypothèse du livre pour 55 Cancri e

Limites

Les chiffres du livre vieillissent vite : des décomptes comme les 3 700 exoplanètes confirmées reflètent le début de 2018, et le domaine a explosé depuis. Plusieurs missions présentées comme à venir, comme PLATO et les relevés atmosphériques du James Webb, ont depuis été lancées ou livré des résultats que le livre ne pouvait pas inclure. Le Terrestrial Planet Finder, annulé, occupe peu de place, si bien que les lecteurs risquent de ne pas saisir à quel point les politiques de missions façonnent ce domaine. Les plus jeunes lecteurs pourraient aussi souhaiter en savoir plus sur la façon dont les astronomes transforment les données brutes des télescopes en planètes confirmées.

En une phrase

En lisant les oscillations, les ombres et la lumière des étoiles elles-mêmes, les astronomes ont fait passer « sommes-nous seuls ? » de la philosophie à une recherche avec des adresses, des températures et des atmosphères.

Pour qui

Tous ceux qui ont levé les yeux vers le ciel nocturne en se demandant si quelque autre étoile possède des planètes bien à elle. C'est aussi un excellent choix pour les lecteurs de l'âge du collège et leurs parents qui veulent de la vraie science — de vrais télescopes, de vrais astronomes, de vraies découvertes — sans la sécheresse d'un manuel scolaire.